

Las instalaciones de aerodinámica experimental de la E.T.S.I. Aeronáuticos

Parte I: 1960-1993

A. Sanz, J. M. Perales, J. Meseguer, A. Laverón y N. Bezdenejnykh
Instituto Universitario «Ignacio Da Riva», E.T.S.I. Aeronáuticos (U.P.M.)

1. INTRODUCCIÓN

Para la mayoría de los profesores que en la actualidad trabajan en la E.T.S.I. Aeronáuticos, y por supuesto para sus alumnos, los orígenes de esta institución se pierden en la noche de los tiempos. Ello será debido, probablemente, a ese sentido que tenemos algunos de creer que todo aquello que no está ligado directamente a nuestros recuerdos personales aparentemente ha existido desde siempre, y raras veces nos paramos a pensar que las cosas tuvieron un origen, y que ese origen fue debido en muchas ocasiones al trabajo y al tesón desmesurado de personas que indudablemente han dejado su huella en lo que hoy es la Escuela y la profesión de Ingeniero Aeronáutico.

La lectura del libro del Profesor Román (Tres Escuelas y veinte promociones de Ingenieros Aeronáuticos, E.T.S.I.A y C.O.I.A.E, 1993) constituye un ejercicio gratificante que a algunos de nosotros, productos del plan de estudios de 1964 o posteriores, nos ha proporcionado la oportunidad de conocer una etapa particularmente interesante de la corta e intensa historia de la Ingeniería Aeronáutica española, sentimiento que se ve acrecentado cuando, al repasar las añejas fotografías del libro, se

descubre que hemos sido alumnos y contemporáneos de muchos de sus ilustres protagonistas.

Siguiendo donde acaba el libro del Profesor Román, se podría decir que a la tercera Escuela, la Academia Militar de Ingenieros Aeronáuticos (que funcionó entre 1939 y 1954), le sucedió la cuarta, de carácter civil, en la que ahora estamos. La cuarta Escuela fue creada en 1948 con el nombre de Escuela Especial de Ingenieros Aeronáuticos (EEIA), nombre que perduró hasta 1957, cuando cambió su nombre inicial por el actual de Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos (ET-SIA).

Durante sus primeros años la EEIA no tuvo un edificio propio, las clases se impartían a caballo entre el edificio de la Escuela Especial de Ingenieros Navales (la actual E.T.S.I. Navales) y el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica «Esteban Terradas» (INTA), aunque también llegaron a impartirse clases en la Escuela de Ingenieros Agrónomos y en la de Arquitectura. En aquellos primeros años, ante la carencia de instalaciones propias, los alumnos realizaban sus prácticas de laboratorio en el INTA, utilizándose, en lo que a las prácticas de Aerodinámica se refiere, el Túnel Aerodinámico de Torrejón, todavía en servicio.

Las obras para la construcción del edificio donde hoy está la Escuela comenzaron en 1954, y con-

forme fue avanzando su construcción se fueron habilitando aulas de modo que la docencia de la carrera de Ingeniero Aeronáutico fue pasando gradualmente a la nueva sede. El nuevo edificio entró plenamente en servicio en 1961, y fue por aquellas fechas, a principios de la década de los sesenta, cuando se inició la instalación de los diversos laboratorios que se albergan en la E.T.S.I. Aeronáuticos, y que tras diversas modificaciones perduran hoy en día.

Uno de estos laboratorios fue el de Aerodinámica y Mecánica de Fluidos (LAMF), laboratorio que, como el resto de la Escuela, ha sufrido tantas alteraciones desde su creación que hoy día sería irreconocible por las personas sobre las que recayó la responsabilidad de su puesta en funcionamiento. Estas páginas constituyen un intento de recuperar una parte de la historia de la ETSIA a través de la evolución de las distintas instalaciones de ensayos aerodinámicos que la Escuela ha tenido desde su fundación. Estas instalaciones han sido y siguen siendo modestas cuando se las compara con las existentes en otros centros de enseñanza superior relacionados con la Ingeniería Aeronáutica ubicados en países próximos al nuestro, aunque es probable que la modestia de nuestras instalaciones no sea más que el reflejo de una situación más general, y que la misma relación se encuentre al comparar la importancia del sector aeronáutico en España con los sectores aeronáuticos de nuestros países vecinos.

Desde sus orígenes, los túneles aerodinámicos de la Escuela han estado concebidos como instrumentos de uso docente, pero al mismo tiempo su diseño ha estado siempre condicionado por la posibilidad de que sirvieran para satisfacer una parte de las necesidades de ensayos aerodinámicos de las industrias nacionales, y dado que el tiempo ha demostrado, al menos en lo que a la Escuela se refiere, que las necesidades venían principalmente de las empresas dedicadas a la ingeniería no aeronáutica, los diseños han ido evolucionando hacia esta aplicación, de modo que los túneles de la Escuela han sido y son fundamentalmente túneles aerodinámicos de baja velocidad para aplicaciones de ingeniería civil.

En las páginas siguientes se describen estas instalaciones, en la esperanza de que este trabajo sirva también, tal como se ha dicho, como una breve reseña histórica de las actividades relacionadas con

la aerodinámica experimental realizadas en la ETSIA en los últimos treinta y cinco años.

2. EL PRIMER TÚNEL AERODINÁMICO DE LA ESCUELA

La historia de las instalaciones de ensayos aerodinámicos de la E.T.S.I. Aeronáuticos es en gran medida la historia de Ignacio Da Riva (1930-1991). Ingeniero Aeronáutico por la Escuela Especial de Ingenieros Aeronáuticos en 1956 y Doctor Ingeniero en 1959, tras una corta estancia en la Oficina de Proyectos de La Hispano Aviación, S.A., en Sevilla, Ignacio Da Riva se incorporó al Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica en 1956, trabajando en la Sección de Estudios Aerodinámicos del Departamento de Aerodinámica hasta enero de 1962, cuando pasó a la Secretaría General Técnica de dicho Instituto, donde fue el jefe del Laboratorio de Información Técnica. Paralelamente a su trabajo en el INTA, fue profesor encargado de la docencia de la asignatura de Mecánica de Fluidos en la E.T.S.I. Aeronáuticos desde el año 1958 hasta 1965, año en que ganó mediante Oposición la Cátedra de Aerodinámica. En 1966 dejó el INTA y se incorporó a la Escuela en régimen de dedicación exclusiva, donde continuó su carrera docente e investigadora hasta su fallecimiento en febrero de 1991.

Desde 1961 Ignacio da Riva se ocupó del montaje del Laboratorio de Aerodinámica y Mecánica de Fluidos de la Escuela situado en la planta -I (semisótano) del ala sur del primer edificio de la Escuela (hoy conocido como Edificio A), y bajo su dirección se diseñó e instaló el primer túnel aerodinámico de la ETSIA: el túnel A1. Este primer túnel fue construido en el INTA e instalado en la Escuela por un equipo de técnicos que compartían su dedicación entre el INTA y la Escuela, con la cooperación de un buen número de entusiastas colaboradores, entonces estudiantes de la Escuela o jóvenes ingenieros.

El túnel A1 medía unos 21 m de longitud y era de corriente aspirada en circuito abierto (Tipo Eiffel) y cámara de ensayos cerrada. Tal como se esquematiza en la figura 1, el túnel A1 tenía una contracción previa a la cámara de ensayos, con una longitud de 4 m y una sección de entrada de 2,5 m de alto y 3,8 m de ancho. La contracción, construida con chapa de hierro e ingentes cantida-

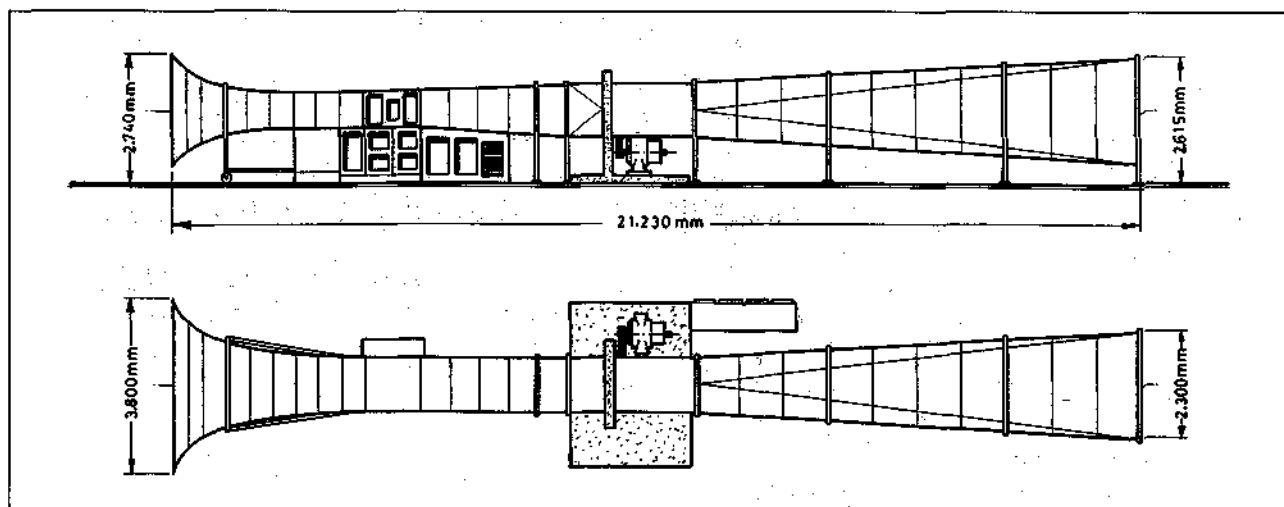


FIGURA 1.

Planta y alzado del primer túnel aerodinámico de la E.T.S.I. Aeronáuticos (túnel A1).

des de masilla para conformar la geometría adecuada, estaba montada sobre ruedas metálicas que discurrían sobre unos carriles, de modo que era posible desplazarla axialmente. La contracción descargaba en la cámara de ensayos, que tenía una longitud de 1,2 m y una sección de 0,8 m de alto y 1,2 m de ancho. Las paredes laterales de la cámara de ensayos eran abatibles para permitir el montaje y desmontaje de las maquetas, siendo una de estas paredes laterales de material plástico transparente. Debajo de la cámara de ensayos estaba la balanza de tipo piramidal (Aerolab Supply Co.) que permitía medir tres componentes de las cargas aerodinámicas (sustentación, resistencia y momento de cabeceo).

Detrás de la cámara de ensayos estaba el adaptador al ventilador, de 3 m de longitud, y el ventilador mismo, que tenía 1,2 m de diámetro, con 8 palas de fibra de vidrio de espesor y torsión variables, diseñadas y construidas en el mismo Laboratorio. Las palas iban roscadas sobre un rodete de aleación ligera y, para evitar accidentes en caso de desprendimiento de alguna de las palas, el ventilador estaba rodeado por un zuncho de hormigón armado que servía además de bancada del ventilador (Fig. 2). El ventilador estaba movido a través de una transmisión por correas por un motor de corriente continua (55 kW, 500 V CC) cuya velocidad se regulaba por un complejo, aparatoso y voluminoso sistema de tiratrones alojado en un armario metálico situado junto al motor. Contando con las carenas de entrada y de salida del rodete del venti-

lador, la planta impulsora del túnel A1 ocupaba una longitud próxima a los 3 m.

Después del ventilador venía un difusor de casi 10 m de longitud con una boca de descarga de sección cuadrada de 2,3 m de lado, también construida, al igual que la contracción, en chapa de hierro y anclada al suelo a través de cuatro pórticos.

El túnel A1 era ciertamente de prestaciones modestas: la máxima velocidad alcanzable en la cámara de ensayos era de unos 25 m/s, lo que unido a las reducidas dimensiones de la cámara, y en consecuencia de los modelos de ensayo, imponía una fuerte limitación al número de Reynolds de los ensayos, que difícilmente superaba el valor de 500.000.

Para las lecturas de presión se disponía de diversos micromanómetros de precisión de alcohol y de agua, así como de una parrilla de manómetros para la medición y visualización de las distribuciones de presión sobre los modelos, construida también en el Laboratorio, además de diversos tubos Pitots y un sistema de anemometría de hilo caliente.

En aquella época, además del túnel A1, había también en el Laboratorio un túnel de humos cedido por el INTA a la Escuela. Este segundo túnel se empleaba para ensayos de visualización y tenía una cámara de ensayos de 0,07 m de ancho, 1 m de alto y 1,65 m de longitud. El túnel de humos estaba impulsado por dos motores de corriente continua de 0,9 kW cada uno, que movían sendos ventiladores de 8 palas, situado el primero aguas

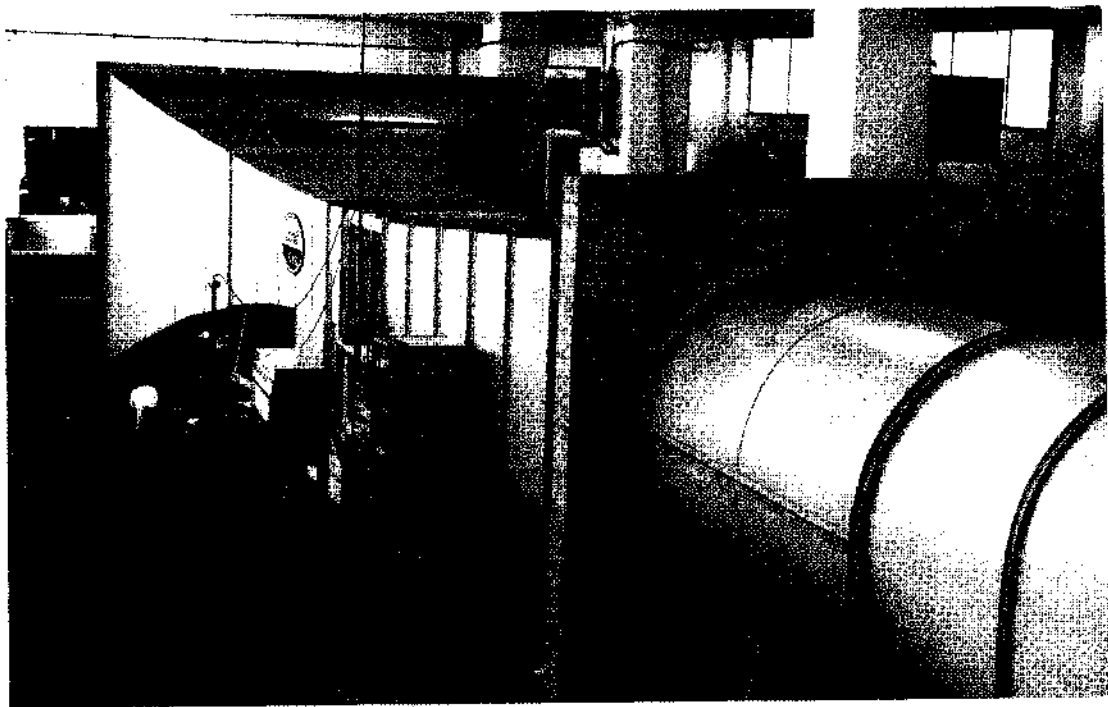


FIGURA 2.

Vista parcial del Laboratorio de Aerodinámica y Mecánica de Fluidos (LAMF) de la E.T.S.I. Aeronáuticos y del túnel A1 a mediados de los años setenta.

arriba de la cámara de ensayos y el segundo aguas abajo de la misma. Para la visualización utilizaban vapores de queroseno, que se inyectaban mediante un compresor auxiliar a la entrada de la cámara de ensayos a través de un peine de tubos paralelos de 0,008 m de diámetro cada uno y cuyos ejes distaban entre sí 0,015 m. El nivel de turbulencia en la cámara de ensayos estaba gobernado por dos mallas metálicas de precisión, situadas delante de una contracción bidimensional con una relación de contracción 10:1.

Visto con la perspectiva actual, las condiciones de operación del túnel A1 y del túnel de humos se pueden calificar casi de heroicas. No existía una cabina de operación del túnel A1, de modo que el operador debía permanecer junto al túnel, expuesto a la corriente de aire de retorno fuera verano o invierno (Fig. 2) y la toma de datos era, por supuesto, manual. Respecto al túnel de humos, a pesar de que éste descargaba a una chimenea que conecta el Laboratorio con la terraza del edificio de la Escuela, cuando se ponía en marcha había que abrir todas las ventanas del local y aun así el olor a queroseno era realmente fuerte en todo el Laboratorio.

Hasta donde se conoce, el primer trabajo de investigación y desarrollo relacionado con la aero-

dinámica experimental realizado en la Escuela fue llevado a cabo durante los años 1969 y 1970. El trabajo consistió en el estudio en túnel del comportamiento aerodinámico de barreras cortavientos, y los resultados del mismo fueron publicados en esta misma revista (*Ingeniería Aeronáutica y Astronáutica*, número 116, Noviembre-Diciembre de 1970, págs. 1-15, e *Ingeniería Aeronáutica y Astronáutica*, número 117, Enero-Febrero de 1971, págs. 17-53). Este primer trabajo fue subvencionado por la Comisión Nacional de Investigación Universitaria y la empresa Geotech, S.A., y con posterioridad, en 1972, fue premiado por la Fundación Mendieta y Lambarri de Álava, utilizándose el dinero del premio para mejorar la instrumentación existente en el Laboratorio. Este primer trabajo abrió la puerta a la realización de una larga serie de trabajos para empresas nacionales, aunque con diversos altibajos, compaginados con las prácticas de Aerodinámica que realizan los alumnos de la Escuela en cuarto curso.

Durante casi veinte años el Laboratorio de Aerodinámica y Mecánica de Fluidos albergó al personal de las cátedras de Aerodinámica y de Mecánica de Fluidos, encabezadas por Ignacio Da Riva y Amable Liñán respectivamente. Sin embargo,

con el tiempo, la actividad en el LAMF fue creciendo y diversificándose, aumentando en consecuencia el número de colaboradores que debían convivir en un mismo recinto al igual que las instalaciones experimentales de una y otra Cátedra. En la década de los setenta el Laboratorio ocupaba además del semisótano del ala sur, una parte de la zona correspondiente a la fachada principal del Edificio A, también en la planta -1 (donde hoy está el taller del Laboratorio de Metalotecnia), de modo que el personal estaba repartido entre esta parte de la fachada principal y un par de despachos existentes a la entrada del Laboratorio propiamente dicho.

Fue en esta época cuando además de los trabajos sobre aerodinámica experimental, el grupo dirigido por el Profesor Da Riva inició sus actividades en otra área de investigación relacionada con el espacio: en 1974 Ignacio Da Riva obtuvo un contrato de la Agencia Europea del Espacio (ESA) para la elaboración de un manual de control térmico de vehículos espaciales, y en el mismo año la ESA aprobó una propuesta de experimentación a bordo del laboratorio orbital europeo Spacelab (entonces en desarrollo) relacionada con el comportamiento de los líquidos en condiciones de ingravidez. Ambas líneas de trabajo, todavía activas, significaron un cierto vuelco en la asignación de los recursos humanos y materiales del Laboratorio, y al tener que atender a la vez varios frentes de trabajo el esfuerzo dedicado a la aerodinámica experimental sufrió un cierto recorte.

A lo anterior se sumó que a finales de los setenta fue preciso desalojar la parte del Laboratorio de Aerodinámica y Mecánica de Fluidos situada en la fachada principal, pues durante meses esa zona estuvo ocupada por las enormes y ruidosas máquinas empleadas en las obras de reforzamiento de los cimientos de esa parte del edificio. Por esta razón todo el personal del Laboratorio tuvo que ser alojado en el recinto del túnel A1 (uno de los firmantes de este artículo tuvo su mesa de trabajo durante meses a escasa distancia de la boca del túnel A1), lo que forzó la restricción de su uso.

Como se ha dicho, las actividades de aerodinámica experimental convivían con otras áreas de investigación que con el tiempo se convirtieron en líneas de trabajo perfectamente consolidadas y diferenciadas, de modo que en el Laboratorio convivían dos grupos cada uno con sus propias señas de identidad, liderado uno por Amable Liñán y el otro por Ignacio Da Riva. Llegó un momento en el

que mantener toda aquella actividad en un mismo local planteaba ciertos problemas de compatibilidad, de forma que se decidió la división del Laboratorio de Aerodinámica y Mecánica de Fluidos en dos nuevos: el de Aerodinámica y el de Mecánica de Fluidos, aunque durante años en el Laboratorio de Aerodinámica se ha seguido utilizando como identificador del grupo las siglas del Laboratorio inicial (LAMF).

3. EL SEGUNDO TÚNEL DE LA E.T.S.I.A.

Ya ha sido comentado que las prestaciones del túnel A1 eran ciertamente modestas, aceptables como instrumento de uso docente pero insuficientes para satisfacer los requisitos de número de Reynolds que demandaban los ensayos para el exterior. Por ello, en 1981 se planteó la necesidad de modificar el túnel A1, con el propósito de dotarlo con una cámara de ensayos de mayores dimensiones y al mismo tiempo aumentar la velocidad de la vena fluida.

Para realizar esta remodelación del túnel se solicitó a la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAICYT) una subvención que fue concedida, lo que permitió pasar del túnel A1 al nuevo túnel A1.1. Los trabajos de construcción de la nueva versión del túnel ocuparon una buena parte del año 1982 y el primer trimestre de 1983, utilizándose para su construcción la contracción y el difusor del túnel A1 (debidamente modificadas para adaptarlas al nuevo diseño), así como la planta de potencia y, por supuesto, la instrumentación de medida.

El túnel A1.1 era de forma semejante a la del túnel A1, como se puede apreciar en la figura 3, aunque su longitud total era algo menor. El criterio de diseño fue agrandar la sección de la cámara de ensayos conservando en lo posible los elementos aprovechables del primer túnel, por lo que las dimensiones de la nueva cámara de ensayos se fijaron de modo que ésta fuera compatible con la contracción ya existente. Aun así, hubo que modificar la contracción, acortándola hasta alcanzar una sección que permitiera realizar una transición suave hacia la cámara de ensayos. Entre la contracción, ahora de 2,7 m de longitud, y la cámara de ensayos se dispuso una precámara de 1,4 m de longitud cuyas paredes laterales eran desmontables. Esta

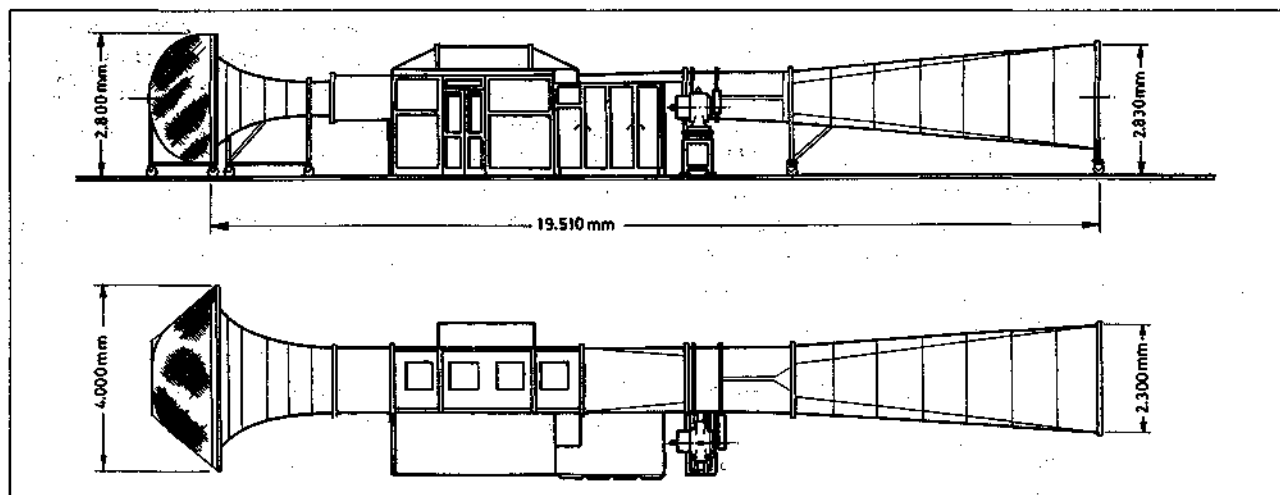


FIGURA 3.

Planta y alzado del túnel A1.1, que substituyó al túnel A1 a principios de la década de los ochenta.

precámara tenía varias ranuras donde poder alojar marcos con rejillas y obstáculos de geometría prefijada con el fin de conseguir en la cámara de ensayos un perfil de velocidades que simulara la capa límite terrestre. A la entrada de la contracción se colocó además otra rejilla que servía para uniformizar las condiciones del flujo de aire a la entrada.

La nueva cámara de ensayos del túnel tenía una sección de 0,96 m de alto y 1,4 m de ancho y una longitud de 4,5 m. Después venía una sección con enderezadores de corriente (panal de abeja), para amortiguar la torsión de la vena fluida debida al ventilador, y el conducto de adaptación de la sección rectangular de la salida de la cámara de ensayos a la circular de la entrada al ventilador, de 2,3 m de largo.

El ventilador, ahora con una carena de chapa de hierro, fue suministrado por Voith. Construido en aleación ligera, tiene, pues sigue estando en la Escuela, 12 palas de paso fijo y un diámetro de 1,4 m. El ventilador estaba situado sobre una bancada de hierro sujeta al suelo mediante apoyos elásticos y unido al motor eléctrico, situado en la misma bancada, mediante una correa plana. Entre la salida del ventilador y el difusor se colocó un adaptador de 1,5 m de longitud, y como difusor se utilizó el del túnel A1 aunque, al igual que con la contracción de entrada, hubo que acortarlo para acoplarlo a las dimensiones del nuevo ventilador, quedando su longitud reducida a algo más de 7 m. La planta de potencia siguió siendo la misma que la del túnel A1, así como el sistema de regulación de velocidad del motor eléctrico.

En el nuevo túnel era posible alcanzar en la cámara de ensayos velocidades próximas a los 30 m/s, lo que unido a la posibilidad de utilizar maquetas de mayores dimensiones, permitió multiplicar por un factor de 1.5 el valor característico del número de Reynolds del túnel. Hay que decir también que este túnel tenía una pequeña cabina de trabajo adosada a la cámara de ensayos, lo que mejoró notablemente las condiciones de operación, sobre todo en los inviernos, pues las personas que se ocupaban de la toma de datos estaban protegidas de las corrientes de retorno que se originaban en el recinto.

La modificación del túnel A1 significó también una cierta remodelación del Laboratorio de Aerodinámica. Como el ventilador del túnel A1 estaba montado sobre una bancada de hormigón armado, la planta de potencia del A1.1 empezó a montarse según un eje paralelo al primer túnel, con la idea de, una vez instalados los elementos nuevos (ventilador, cámara de ensayos y adaptador), modificar y desplazar a su nueva ubicación los elementos reutilizables del antiguo (contracción y difusor). En esta operación hubo que cambiar también de posición al túnel de humos, pues interfería con la nueva posición del difusor. El túnel de humos quedó colocado junto a la pared del Laboratorio orientada al sur, y como ya no era posible su conexión con la chimenea, los vapores de queroseno se evacuaban al exterior a través de una de las ventanas del Laboratorio.

Además del túnel A1.1 y del túnel de humos, en esa época había también en el Laboratorio un ter-

cer túnel de dimensiones mucho más reducidas dedicado exclusivamente a ensayos de simulación de la capa límite terrestre: el tercer túnel era en extremo simple: una contracción daba acceso a una cámara de ensayos con una sección cuadrada de 0,6 m de lado y casi 6 m de longitud, conectada a un ventilador axial cuyo chorro descargaba directamente a la atmósfera. La cara superior de la cámara de ensayos era abatible, para permitir el acceso al interior, y el suelo estaba cubierto de los elementos rugosos (pequeños tacos de madera) cuyo tamaño y disposición permitían modelar el perfil de velocidades.

El túnel A1.1 estuvo en servicio hasta el otoño de 1993, fecha en la que, como se comenta posteriormente, se acometió una drástica reforma de todo el Laboratorio. Durante su vida útil, tanto este túnel como el inicial permitieron satisfacer las necesidades de ensayos de aerodinámica civil de un buen número de empresas españolas, realizándose a lo largo de los años un elevado número de ensayos para determinar las cargas del viento sobre obstáculos de muy diversa naturaleza, desde la medida de estelas de accidentes geográficos hasta la medida de las cargas aerodinámicas sobre vehículos terrestres y marinos (véase la tabla 1). Curiosamente el tipo de obstáculo ensayado más veces en los túneles de la Escuela ha sido el campo de fútbol. El primer trabajo de esta naturaleza surgió en el año 1979, cuando tras diversos destrozos causados por el viento en la cubierta de las gradas del estadio Helmántico de Salamanca, se recibió de la empresa Otep Internacional el encargo de determinar mediante ensayos en túnel las cargas producidas por el viento sobre dicha cubierta. Aquel primer ensayo de campo de fútbol abrió la puerta de una serie de ensayos de instalaciones deportivas, de modo que muchas de las cubiertas que desde el año 1980 han ido cubriendo las gradas de los campos de fútbol españoles han sido ensayadas en los túneles de la E.T.S.I. Aeronáuticos, tal es el caso del estadio Sánchez Pizjuán de Sevilla, medido en 1980 para Otep Internacional, del estadio Santiago Bernabeu de Madrid, medido en dos ocasiones, la primera cuando se colocó la primera cubierta de las gradas, en 1980, y la segunda en 1991 cuando se amplió el estadio para llegar a la configuración actual (en ambas ocasiones también a petición de Otep Internacional). La cubierta de la grada principal de la ampliación del Camp Nou de Barcelona se ensayó en 1985 para la empresa INDUS, la del

campo de fútbol de El Sardinero de Santander en 1986, trabajo encargado por el estudio de arquitectura de J. Echániz, y el nuevo estadio de Anoeta de San Sebastián se ensayó para Agromán en 1990. En 1989 se ensayó un modelo de estadio Olímpico de Sevilla (un proyecto para la Exposición del 92 de Apia XXI que no ha llegado a construirse), y en el año 1997 se han ensayado, para AYESA, otros dos modelos de cubierta para el proyecto actual del estadio de Atletismo de Sevilla, así como la cubierta del nuevo estadio del Betis C.F., esta última para AG Asociados (aunque es evidente que para los ensayos de estos últimos modelos no se ha utilizado el túnel A1.1).

Respecto al Laboratorio, en los años ochenta las actividades relacionadas con los temas de control térmico de satélites y de microgravedad fueron adquiriendo cada vez mayor protagonismo y demandando cada vez más recursos humanos y materiales, sobre todo más espacio. Con los años el manual de control térmico de vehículos espaciales se convirtió en una publicación oficial de la Agencia Europea del Espacio (Spacecraft Thermal Control Design Data, ESA PSS 03-108) y en el campo de la microgravedad, aquel primer experimento sobre puentes líquidos realizado en la primera misión europea del Spacelab (SL-1) en 1983, fue seguido por otros tres experimentos en el mismo laboratorio orbital (uno en la SL-D1 en 1985 y dos en la SL-D2 en 1993) y de otros varios en cohetes de sondeo TEXUS. La necesidad de nuevas instalaciones asociadas a éstas y a otras actividades fue robando terreno a las de aerodinámica experimental, de tal modo que a mediados de los ochenta se había alcanzado una situación de saturación que hacía que las condiciones de trabajo fueran francamente incómodas.

Afortunadamente por esas fechas se inauguró el edificio de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica (EUITA), cuya docencia se venía impartiendo en la ETSIA, lo que dejó libres ciertos huecos en la ETSIA que pasaron a ser ocupados por los distintos Departamentos y los servicios centrales de la ETSIA. En este proceso de expansión el Laboratorio de Aerodinámica amplió su superficie, ocupando además de los locales situados en el semisótano (planta -1), otros ubicados en la planta 1, ocupados con anterioridad por el Servicio de Publicaciones de la EUITA. En este nuevo sitio se habilitaron ocho oficinas a donde se trasladaron todas las actividades del Laboratorio excepto

TABLA 1
Trabajos de aerodinámica experimental realizados en el período 1977-1992

1977	Edificio Vigía de Castilla, Otep Internacional S.A.
1979	Aireadores estáticos para naves industriales, Laminaciones de Lesaca S.A. Estadio Helmántico, Otep Internacional S.A.
1980	Estadio Santiago Bernabéu, Otep Internacional S.A. Estadio Sánchez Pizjuán de Sevilla, Otep Internacional S.A. Barreras cortavientos, Otep Internacional S.A. Aspirador estático, Uralita, S.A. Simulación de la capa límite atmosférica, CAICYT.
1981	Vehículo de colchón de aire, Chaconsa, S.A. Deflector para camiones, Carrera S.A.
1982	Estela del Monte Janeo, Petronor S.A. Conducto de ventilación, Uralita S.A.
1983	Aireador estático, Uralita S.A.
1984	Toma dinámica-turbina para un misil, Equipos Electrónicos, S.A.
1985	Escultura Alas de Acero, I. Fernández, Arquitecto Estadio del F.C. Barcelona, Indus S.A.
1986	Campo de fútbol de El Sardinero, J. Echániz, Arquitecto
1989	Estación Madrid-Atocha (Largo Recorrido), ESTEYCO Sombbrero aireador., Uralita, S.A. Puente de arco sobre el río Cabo, Apia XXI Cubierta de andén, Agromán Estadio Olímpico de Sevilla, Apia XXI
1990	Puente sobre el río Barbadún, Apia XXI Estadio Olímpico de Anoeta, Agromán
1991	Nueva cubierta del estadio Bernabeu, OTEP Internacional, S.A.
1992	Chimenea de una central térmica, ENDESA

las relacionadas con las instalaciones experimentales de ensayos en túnel y de microgravedad, que permanecieron en el semisótano de la Escuela. Esta situación perduró hasta 1993, cuando en la Escuela se comprobó que la expansión general realizada unos años antes, unida al crecimiento natural de las actividades docentes, había originado una angustiosa falta de aulas y otros espacios de uso docente en la Escuela. A consecuencia de lo anterior se inició un proceso general de remodelación del edificio en el que se acordó que el Laboratorio de Aerodinámica cediera los locales ocupados en la primera planta a cambio de modificar totalmente la ordenación del espacio disponible en el semisótano,

donde estaban las instalaciones de ensayos aerodinámicos.

También a finales de los años ochenta se había llegado al convencimiento de que las prestaciones del túnel A1.1 estaban alcanzando su techo a la vista de las necesidades de ensayos manifestadas por muy diversos agentes económicos, por lo que se decidió acometer el diseño de un nuevo túnel de mejores características. Inicialmente se pensó en un diseño con cámara de ensayos cerrada y circuito de retorno cerrado, y para la planta de potencia se consideró la posibilidad de emplear una matriz de ventiladores comerciales de pequeño diámetro en vez de un único ventilador de grandes dimensiones. Paralelamente se decidió también cambiar el

túnel de humos por un túnel hidrodinámico para ensayos de visualización.

En 1989 se cursó una solicitud de subvención a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) para la construcción de un nuevo túnel que fue denegada, lo que obligó a retrasar el proyecto mientras se buscaban otras fuentes de financiación. Este retraso se acentuó todavía más con la muerte de Ignacio Da Riva en Febrero de 1991, coincidiendo con el inicio del proyecto de satélite universitario UPM-Sat 1. La muerte de Ignacio Da Riva forzó una reestructuración del entorno del Laboratorio de Aerodinámica, con nuevas asignaciones de responsabilidades dentro del grupo. En este proceso de adaptación a la nueva situación se decidió que el proyecto de microsatélite era prioritario dentro del abanico de proyectos activos en aquel entonces. El satélite UPM-Sat 1 consumió durante meses prácticamente todos los recursos disponibles en el Laboratorio, aunque el desarrollo de este proyecto no significó el abandono de los planes trazados para dotar a la Escuela de un nuevo túnel aerodinámico.

Las obras de remodelación del Laboratorio de Aerodinámica se llevaron a cabo entre los meses de noviembre de del año 1993 y marzo de 1994. La obra de remodelación consistió en rebajar el nivel del suelo para ganar altura y poner dos pisos en todo el perímetro del Laboratorio. Para realizar la obra hubo que dismantelar todas las instalaciones del Laboratorio situadas en el semisótano, aprovechando la ocasión para jubilar algunas de uso esporádico o nulo en aquellos tiempos. Ante la imposibilidad de desmontar y almacenar en otra parte de la Escuela durante el tiempo de obras en el Laboratorio tanto el túnel A1.1 como el túnel de humos, se decidió destruir completamente el primero y donar el segundo al Museo del Aire sito en el Aeródromo de Cuatrovientos. La destrucción del túnel A1.1 coincidió prácticamente con la muerte de Domingo Rodríguez Manzano en Enero de 1994, quien había sido responsable de la operación y mantenimiento de los túneles A1 y A1.1 durante años.

Así pues, en el año 1994 no había en la ETSIA ningún túnel aerodinámico, pero esta situación empezó a cambiar pronto, pues ese mismo año se obtuvo la financiación necesaria para acometer el diseño y construcción de nuevas instalaciones: el proyecto de túnel hidrodinámico fue aprobado por la propia Universidad Politécnica de Madrid como

un proyecto financiable con recursos propios dentro de un programa interno de equipamientos docentes y el proyecto de nuevo túnel aerodinámico fue aprobado por la Universidad como una instalación equiparable a las de los servicios centrales de la misma, y financiable por tanto con los fondos dispuestos por la Comunidad de Madrid para equipamientos de esta naturaleza de las Universidades madrileñas. Estas subvenciones permitieron dotar a la Escuela de las instalaciones para ensayos aerodinámicos que están en servicio en la actualidad, instalaciones que se describen en un siguiente artículo.

AGRADECIMIENTOS

Las instalaciones de ensayos aerodinámicos de la E.T.S.I. Aeronáuticos han sido posibles gracias al esfuerzo de un amplio número de personas que a lo largo de los años han contribuido a consolidar esta actividad en la Escuela. Aunque tres décadas no es un período de tiempo demasiado largo, si ha sido suficiente para que se rompa la cadena de recuerdos, pues una parte significativa de las personas que contribuyeron a la creación de las primeras instalaciones aerodinámicas en la Escuela han fallecido, otras se han jubilado y a otras su carrera profesional les ha conducido a actividades alejadas de esta área de actividad. A esto se une también que la documentación existente en el Laboratorio de Aerodinámica de la Escuela referida a los primeros tiempos es escasa y en muchos casos incompleta.

Con todo, y aún a riesgo de cometer algún olvido imperdonable, no queremos finalizar esta publicación sin incluir una lista de las personas que, con diferente grado de participación, han contribuido a conformar la historia de la primera etapa del Laboratorio; esta lista la encabeza naturalmente el Profesor Ignacio Da Riva, y junto a él hay que reseñar a A. Andueza, A. Barrero, L. Bernal, J. Ester, A. Fernández, F. Fernández, D. Franco, P. García-Fogeda, A. Gargallo, E. Garmendia, M.A. González, F. Gandía, A. Liñán, P. López, I. Martínez, J.J. Martínez, J.M. Moya, M. Ortega, F. Ortí, J. Pascual, D. Rodríguez, M. Rodríguez, B. de la Rosa, J. Sánchez, J. Sanguino, J. Valero y A. Viviente. A todos ellos, y a los que involuntariamente hayamos olvidado, nuestro más profundo reconocimiento y agradecimiento.